



Publication Year	2014
Acceptance in OA @INAF	2023-02-02T15:02:25Z
Title	Sistema di misura ottico non a contatto.
Authors	PISANU, Tonino; PERNECHELE, Claudio; Bocci Guido; BUFFA, Franco
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/33122

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901961804A1

Publication Date

20130108

Applicant

ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA - INAF

Title

SISTEMA DI MISURA OTTICO NON A CONTATTO.

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE
avente per titolo

"SISTEMA DI MISURA OTTICO NON A CONTATTO"

A nome: **ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA - INAF**, di
nazionalità italiana, con sede a I-00136
ROMA, Viale del Parco Mellini 84

Mandatari: Ing. Tommaso PUGGIOLI, Albo iscr. nr.1336 B,
Ing. Luciano LANZONI, Albo iscr. nr.217 BM

La presente invenzione ha per oggetto un sistema di
misura ottico non a contatto ed in particolare un
sistema di misura non a contatto 3D in luce strutturata.

In ambito medico scientifico è usuale testare
5 l'efficacia di farmaci anti-tumorali, sia con
esperimenti pre-clinici che clinici in vitro ed in vivo.
Per accertare la reale efficacia del farmaco, è
necessario utilizzare i cosiddetti modelli sperimentali
della malattia. Si tratta di sistemi biologici in cui
10 vengono ricreate sperimentalmente le stesse
caratteristiche della patologia: si possono usare
colture di cellule fatte crescere in laboratorio, i
cosiddetti modelli in vitro, oppure si può ricorrere
agli animali da laboratorio, per esempio topi, ed in
15 questo caso si parla di modelli in vivo.

I tumori sono inducibili nel topo mediante iniezione
(intraperitoneale, intramuscolare, sottocutanea) di
cellule tumorali. In questi modelli il principale
parametro di valutazione dell'efficacia del farmaco è il
20 volume tumorale dei topi trattati. Una volta che le
cellule tumorali vengono inoculate, i topi sono trattati

con farmaci antitumorali da soli e/o in combinazione dopodiché vengono seguite le fasi di crescita e proliferazione tumorale, misurando periodicamente, ad esempio giornalmente, le variazioni della forma e delle dimensioni del tumore. Questa misura viene fatta generalmente utilizzando un calibro a scorsoio con il quale vengono misurati la lunghezza "L" e la larghezza "W" del tumore e dalle quali si deriva il volume V della massa tumorale. Usualmente si approssima tale massa a quella di un ellissoide di rivoluzione il cui volume è espresso dalla formula $V = \pi/6 \cdot L \cdot W \cdot W$ ipotizzando che l'altezza sia pari alla larghezza (W). Questo tipo di misura del volume, presenta numerosi errori che dipendono sia dall'approssimazione nel calcolo del volume, dallo strumento di misura utilizzato ma anche dall'operatore stesso che la effettua. Si tratta infatti di misurare dei volumi molto piccoli, dell'ordine massimo di qualche centinaio di mm³ in cui come accennato la forma viene molto grossolanamente approssimata da un ellissoide di rivoluzione. In realtà, i tumori hanno generalmente delle forme abbastanza irregolari per cui l'approssimazione delle stesse con degli ellissoidi introduce errori nella misura del volume che possono essere dell'ordine del 20% e più. Il calibro a scorsoio ha una lettura millimetrica, con un nonio nel quale si può apprezzare visivamente il decimo di millimetro. Durante la misura con il calibro però le lunghezze da misurare vengono modificate dal processo di misura stesso, in quanto le masse tumorali sono costituite da tessuti molli che possono venire deformati a seconda dalla pressione con

cui si chiude il calibro stesso, introducendo errori dell'ordine del 5%. Inoltre l'operatore che effettua la misura sceglie a priori le sezioni della massa da misurare in cui rilevare la lunghezza e la larghezza della stessa, per cui i valori registrati possono variare di diversi punti percentuali, non per un effettivo aumento o diminuzione del volume ma semplicemente per una differente scelta delle sezioni in cui effettuare le misurazioni a causa della forma irregolare delle masse di interesse. L'aumento giornaliero del volume della massa tumorale può essere dell'ordine del 5% a seconda dello stadio della malattia e, considerati gli errori descritti in precedenza, l'analisi dell'efficacia di un farmaco rispetto ad un altro possono risultare falsate.

Al fine di ovviare ai citati inconvenienti, sono stati sviluppati sistemi ottici non a contatto per misurare il volume dei tumori iniettati nei topi.

Un esempio di sistema di misura ottico non a contatto è descritto nella domanda internazionale WO2005033620A2 a nome Biopticon Corporation. Tale sistema effettua sull'oggetto da misurare una scansione con una linea laser e contemporaneamente acquisisce le immagini con una camera sincronizzata. Il software del sistema riconosce la linea e calcola il volume, in quanto ogni immagine contiene solo una linea ed è quindi facilmente ricostruibile. Un importante inconveniente in tale tipo di sistema è che l'animale da laboratorio su cui condurre le misura deve essere tenuto fermo per un tempo dell'ordine di alcuni secondi mentre, in generale, i topi non si riescono a tenere fermi per più di un

secondo.

In questo contesto, compito tecnico precipuo della presente invenzione è proporre un sistema di misura ottico non a contatto che sia esente dai citati
5 inconvenienti.

Uno scopo della presente invenzione è proporre un sistema di misura ottico non a contatto che sia competitivo rispetto ad altri sistemi di misura noti.

Un altro scopo della presente invenzione è proporre un
10 sistema di misura ottico non a contatto che richieda un minore tempo di acquisizione delle informazioni morfometriche dei corpi indagati rispetto alle soluzioni note.

Il compito tecnico precisato e gli scopi specificati
15 sono sostanzialmente raggiunti da un sistema di misura ottico non a contatto secondo la rivendicazione 1.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno maggiormente chiari dalla descrizione indicativa, e pertanto non limitativa, di
20 una forma di realizzazione preferita ma non esclusiva di un sistema di misura ottico non a contatto come illustrato negli uniti disegni in cui:

- la figura 1 illustra un sistema di misura ottico non a contatto secondo la presente invenzione in una vista
25 prospettica schematica parzialmente a blocchi;

- la figura 2 illustra una sezione schematica secondo la linea II-II di figura 1 del sistema di misura secondo la presente invenzione;

- la figura 3 illustra un esempio di immagine di misura
30 ottenuta con il sistema di misura di figura 1;

- la figura 4 illustra l'immagine di figura 3

ricostruita dal sistema di misura di figura 1;

- la figura 5 illustra un particolare della ricostruzione di figura 4;

- la figura 6 illustra un esempio di immagine di riferimento ottenuta con il sistema di misura di figura 1.

Conformemente ai disegni allegati, con particolare riferimento alla figura 1, con il numero 1 è indicato un sistema di misura ottico non a contatto secondo la presente invenzione.

Tale sistema di misura 1 è un sistema di misura 3D in luce strutturata per misurare il volume di un corpo 2, illustrato ad esempio nella figura 2, o di una porzione 2a dello stesso.

Il sistema di misura 1 comprende un sistema 3 di proiezione, secondo un asse di proiezione A1, di un pattern 4 predefinito di linee 5.

Il sistema 3 di proiezione assolve anche alla funzione di illuminazione del corpo 2.

Nella preferita forma di realizzazione, il pattern 4 comprende una pluralità di linee 5 rettilinee a sviluppo verticale.

Il sistema di misura 1 comprende un sistema 6 ottico di acquisizione, secondo un asse di acquisizione A2, di una immagine 7 di detto pattern 4.

Gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono opportunamente angolati; preferibilmente gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono incidenti mentre in forme di realizzazione alternative gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono sghembi.

Il sistema 1 comprende uno schermo 8 su cui è proiettato

detto pattern 4; il sistema 6 ottico di acquisizione acquisisce la citata immagine del pattern 4 come proiettata sullo schermo 8.

5 Considerando un piano cartesiano XY in cui giace lo schermo 8, le citate linee 5 si sviluppano secondo la direzione X parallelamente all'asse Y.

Il sistema 1 comprende un sistema 9 di elaborazione in comunicazione con il sistema 3 di proiezione per ricevere in ingresso, come sarà chiarito in seguito, la
10 citata immagine 7.

Secondo quanto illustrato, lo schermo 8 presenta un foro 10, preferibilmente circolare, che delimita, al proprio interno una zona 11 di misura ed al proprio esterno una zona 12 di riferimento.

15 In pratica, la zona 12 di riferimento è definita dallo schermo 8 stesso a meno della porzione asportata e dove è praticato il foro 10.

Più precisamente, nell'esempio illustrato, la zona di misura 11 è definita all'interno del foro mentre la zona
20 di riferimento 12, essendo come accennato le linee 5 del pattern 4 preferibilmente rettilinee, è definita in una porzione superiore dello schermo 8, in corrispondenza del foro 10, ed in una zona inferiore dello schermo 8 in corrispondenza del foro 10.

25 Secondo la presente invenzione, una porzione 2a del corpo 2 della quale si desidera conoscere il volume è inseribile nel foro 10, affacciata al sistema 3 di proiezione ed al sistema 6 di acquisizione dell'immagine, in modo da poterne determinare il volume
30 in funzione della deformazione del pattern 4.

Secondo la presente invenzione, il sistema 3 di

proiezione è configurato per proiettare una prima porzione 4a del pattern 4 nella zona 11 di misura ed una seconda porzione 4b del pattern 4 nella zona 12 di riferimento.

5 L'asse A2 del sistema di acquisizione 6 è opportunamente angolato rispetto all'asse A1 del sistema di proiezione 3 per apprezzare, nell'immagine 7, l'andamento deviato delle linee 5 nella zona di misura 11 come sarà chiarito in seguito.

10 Gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono opportunamente angolati; preferibilmente gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono complanari mentre in forme di realizzazione alternative gli assi di proiezione A1 e di acquisizione A2 sono non complanari.

15 Fra le due soluzioni è differente l'algoritmo del sistema di elaborazione 9 per elaborare l'immagine 7.

In particolare, con riferimento alla figura 5, considerando ad esempio una prima linea 5a del pattern 4, la stessa presenterà un primo tratto 13 proiettato all'interno della zona 11 di misura ed un secondo tratto 14, o tratto iniziale, ed un terzo tratto 15, o tratto finale, proiettati nella zona 12 di riferimento.

Più in generale, la linea 5a presenta il primo tratto 13 nella zona di misura con andamento curvilineo (a causa della porzione 2a di corpo 2 inserita nel foro 10 e rivolta verso il sistema di proiezione 3), un secondo tratto 14 superiore rettilineo ed un terzo tratto 15 inferiore anch'esso rettilineo.

Il sistema 1 è configurato per calcolare il volume della porzione 2a mediante un confronto fra il primo tratto 13 ed una funzione del secondo e terzo tratto 14 e 15 come

ricavati dall'immagine 7.

Più in particolare, il sistema di elaborazione 9 è configurato per costruire, per ciascuna linea 5 del pattern 4 deflessa dal corpo 2, una linea 16 di riferimento rettilinea a partire dai rispettivi tratti iniziale e finale.

Il sistema di elaborazione 9 è configurato per determinare il volume della porzione 2a in funzione dello scostamento di ciascuna linea 5 deflessa del pattern rispetto alla corrispondente linea 16 di riferimento nella zona di misura.

In pratica, il sistema di elaborazione 9 è aggiornato sulle coordinate del secondo e del terzo tratto 14, 15, indicati anche rispettivamente come tratto di partenza 14 e tratto di arrivo 15, ed è in grado di ricostruire le corrispondenti linee rettilinee.

In figura 6 è illustrata un'immagine del pattern 4 sullo schermo 7 privo del citato foro 10 ovvero con le linee 5 tutte rettilinee in quanto non deflesse.

Per ciascuna linea deformata dalla presenza della porzione 2a di corpo 2 da misurare, il sistema 9 ricostruisce una linea di riferimento o misura corrispondente alla linea che si avrebbe se non ci fosse il corpo 2 nel foro 10, come quelle illustrate nella figura 6.

Il sistema di elaborazione 9 considera i citati secondo e terzo tratto 14, 15, ovvero i tratti sopra e sotto alla zona 11 di misura, non deflessi, a partire dai quali, preferibilmente mediante una regressione lineare, ricostruisce una base di misura composta dalle linee di riferimento di ciascuna linea deflessa.

La base di misura ricostruita è quindi utilizzata dal sistema di elaborazione 9 come base per il calcolo del volume della porzione 2a.

5 La proiezione del pattern 4 illustrata nella figura 6 può essere considerata un esempio della citata base di misura essendo ottenuta senza alcuna deviazione delle linee del pattern.

Per ogni linea, il sistema di elaborazione 9 ricostruisce il contributo al volume totale come
10 proporzionale alla differenza, punto per punto, tra la linea distorta e la corrispondente linea rettilinea della base di misura.

Preferibilmente, essendo il confronto basato su una immagine acquisita dal sistema di acquisizione 6, il
15 confronto avviene pixel per pixel dell'immagine 7.

La figura 4, rappresenta la ricostruzione elettronica dell'immagine di figura 3 (la figura 3 è proprio un esempio di immagine come acquisita dal sistema di acquisizione 6), ed è ottenuta dal sistema di
20 elaborazione 9, che partendo dall'alto, per ciascuna linea, "segue" i pixel illuminati cercando, attorno ad ogni pixel il picco della gaussiana ovvero il centroide della intensità luminosa lungo la linea in esame.

In altre parole, il sistema di elaborazione 9 segue, ad
25 esempio dall'alto verso il basso, i pixel illuminati e trova il baricentro della intensità luminosa scostato rispetto alla corrispondente linea rettilinea (non illustrata nella figura 4) in corrispondenza della deformazione.

30 Uno scostamento ΔX , indicato nella figura 5, è espressione della distanza del baricentro rispetto alla

posizione che avrebbe se non ci fossero deformazioni ed è proporzionale alla penetrazione del corpo 2 attraverso il foro 10.

5 Considerando il citato piano cartesiano XY, un asse Z perpendicolare al piano del disegno ed uscente dal foglio completa la terna cartesiana.

Il citato ΔX è quindi espressione locale della dimensione Z della porzione 2a del corpo 2.

10 Le restanti coordinate x e y di ciascun punto delle linee 5 sono ricavabili, in maniera sostanzialmente nota, come funzione dei sistemi di proiezione e di acquisizione adottati.

Il sistema di elaborazione 9 è configurato per misurare lo scostamento ΔX di ciascuna linea 5 rispetto alla 15 corrispondente linea di riferimento 16 nella zona di misura 11 considerando ogni pixel del citato primo tratto 13.

20 In funzione della frequenza del pattern (ovvero del numero di righe presenti) e della risoluzione in Z desiderata viene opportunamente scelto l'angolo fra gli assi di proiezione e di illuminazione all'interno di un predeterminato range.

25 Con riferimento in particolare alla figura 2, si osserva che il sistema 1 di misura comprende una maschera 17 applicata, in maniera rimovibile, ad esempio tramite calamite nel caso di schermo metallico, allo schermo 8.

La maschera 17 presenta un foro calibrato 18 ed è applicata allo schermo 8 in modo che il foro 18 sia centrato sul foro 10.

30 Il foro 18 ha estensione minore del foro 10 e consente, in pratica, di ridimensionare il foro 10 stesso a

seconda delle esigenze ovvero in funzione dell'estensione, nel piano XY, della porzione 2a da misurare.

In tal modo si riduce il rischio di introdurre del foro
5 10 parte del corpo che non è interesse misurare. Nel
preferito caso in esempio, secondo cui il sistema 1 è
utilizzato per misurare masse molli come i tumori in
modelli in vivo, la calibrazione del foro nello schermo
permette di limitare l'accesso alla sola massa di
10 interesse.

Preferibilmente, il foro 18 nella maschera 17 è
circolare ed ha diametro compreso fra mm 12 e mm 30 ed
il sistema 1 è provvisto di una serie di maschere 17
intercambiabili con fori 17 incrementati di mm 2 alla
15 volta per maschera.

Il foro 18 della maschera 17 circolare agevola il
sistema 9 di elaborazione nella ricostruzione delle
linee limitando possibili disturbi dovuti a ombre e
simili.

20 Il foro 18 della maschera 17 definisce, in pratica, la
citata zona 12 di misura all'interno della quale il
sistema 1 calcola gli scostamenti delle linee deviate
ciascuno rispetto alla corrispondente linea di
riferimento.

25 Il sistema di elaborazione 9 è configurato per
selezionare, una volta acquisita l'immagine 7, un'area
di base nella zona 11 di misura e nel piano XY per la
quale calcolare il volume.

Il sistema di proiezione 3 comprende, nella preferita
30 forma di realizzazione, un illuminatore 19, ad esempio a
LED verde da 1 W a 530 nm.

Il sistema di proiezione 3 comprende altresì un obiettivo 20 di proiezione del pattern 4, ad esempio con focale variabile da un minimo di 295 mm a infinito.

Il pattern 4 è stampato su foglio lucido, non illustrato, e comprende linee scure di larghezza 100 micron e linee trasparenti di 50 micron, che determinano le citate linee 5 sullo schermo 8.

Il sistema 6 ottico di acquisizione delle immagini comprende ad esempio una camera digitale 21 da 1/2" con 1280x1024 pixel con dimensione dei pixel di 5.2 x 5.2 micron e da un obiettivo macro da 35 mm; la citata immagine 7 è quindi, in pratica, una fotografia dello schermo 8 attraversato dalla porzione 2a del corpo 2 da misurare.

Il sistema di elaborazione 9 ha, come accennato, il compito di fare la ricostruzione 3D e la misura del volume della porzione 2a del corpo 2 fotografato. Il sistema di elaborazione si basa sul riconoscimento automatico delle linee illuminate sulle immagini acquisite. L'immagine ha una zona superiore e inferiore in cui le righe rimangono fisse e sempre uguali e che servono come punto di inizio e fine delle righe dritte.

Secondo quanto illustrato nella figura 1, il sistema 1 di misura comprende una struttura 22 di contenimento sostanzialmente parallelepipedica e che comprende una parete 23 di fondo, una prima parete 24 laterale, una seconda parete 25 laterale affacciata alla prima parete laterale 24, una terza parete 26 laterale fra dette prima e seconda parete laterale 24, 25 ed una quarta parete laterale 27 affacciata alla terza parete 26 laterale e disposta fra la prima e la seconda parete

laterale 24 e 25.

La parete laterale 24 definisce il citato schermo 8 ed il foro 10 è ricavato nella parete 24 stessa.

Preferibilmente, il foro 10 circolare, è ricavato centralmente nella parete 24. La citata maschera 17 è applicata e supportata dalla parete 24 all'esterno della struttura 22, come illustrato nella figura 2.

Il sistema di proiezione 3 ed il sistema ottico di acquisizione 6 sono alloggiati all'interno della struttura 22 e sono orientati verso la parete 24.

Il procedimento di misura del volume della porzione 2a del corpo 2 è di seguito descritto con riferimento alla preferita applicazione dello strumento 1.

Un animale da laboratorio, ad esempio un topo, non illustrato, è posizionato esternamente alla struttura 22 ed è accostato alla parete 24 in modo che la massa 2a da misurare sia inserita attraverso il foro 18 ed il foro 10 nel caso sia presente una maschera 17 di calibrazione, come schematicamente illustrato nella figura 2.

Il pattern 4 di linee 5 rettilinee viene proiettato sullo schermo 8, ovvero sulla parete 24, e viene acquisita l'immagine 7, ad esempio raffigurata nella figura 3.

Si osservino le linee 5 deviate in corrispondenza della porzione 2a nella zona 11 di misura e rettilinee nella zona 12 di riferimento.

In figura 5 è illustrata per maggiore chiarezza una sola linea 5a dell'immagine 7 come elaborata dal sistema di elaborazione 9.

Come accennato, la linea 5a presenta il tratto 13 nella

zona di misura, deviato dalla presenza del corpo 2, ed i due corrispondenti tratti 14 e 15 nella zona 12 di riferimento.

5 Più in particolare, in figura 4 è illustrata la ricostruzione elettronica dell'immagine 7 acquisita dalla camera 21 e la figura 5 è un particolare di tale ricostruzione.

10 Il procedimento prevede di ricostruire la linea di riferimento 16, illustrata in linea tratteggiata in figura 5 per la linea 5a, a partire dai tratti 14 e 15 mediante una regressione lineare.

15 Ottenute per ciascuna linea del pattern 4 le relative linee di riferimento, il procedimento prevede di calcolare, a partire dai pixel dell'immagine 7, il baricentro dell'intensità del primo tratto 13 e di calcolare lo scostamento del baricentro rispetto alla linea di riferimento 16 secondo la direzione X per ciascun pixel.

20 Come descritto, lo scostamento in X delle linee deviate viene misurato in pixel. Per passare dai pixel ad unità metriche, il procedimento prevede una fase di calibrazione, che non è necessariamente da ripetere ogni volta che si esegue una misura, che consente di determinare un fattore di scala.

25 La fase di calibrazione viene eseguita inserendo nel foro 10 un oggetto di dimensione nota in Z, ad esempio un cono, in modo da determinare la relazione fra pixel e, ad esempio, millimetri.

30 Il software di gestione del sistema 1 inizia la ricerca delle linee partendo dai punti delle linee dritte della zona di riferimento 12, in particolare nella parte

superiore e inferiore rispetto alla zona di misura 11, essendo, come accennato, le linee rettilinee dirette lungo Y.

Lo stesso software ricostruisce le linee dritte, come la
5 linea 16, che si avrebbero nel caso nella zona di misura 11 non ci fosse nessun corpo sporgente come schematicamente illustrato ad esempio nella figura 6.

Si osservi che in questo ultimo caso l'indicazione del software è che il volume misurato ha un valore pari a
10 zero.

Ogni volta che nella zona di misura 11, ovvero nel foro 8 eventualmente calibrato, viene appoggiato un corpo 2 che abbia un volume che sporge verso l'interno della struttura 22 secondo la direzione Z, le linee viste
15 dalla camera 21 posta ad un angolo diverso da zero rispetto all'illuminatore 19 risultano curve con una curvatura, come accennato proporzionale all'altezza in Z della porzione 2a del corpo 2.

Si osservi che per poter fare la misura del volume, le
20 linee 5 del pattern 4 sono numerate e identificabili e ogni linea curva deve essere misurata rispetto alla sua corrispondente linea dritta opportunamente ricostruita. È la differenza in X fra la linea non deflessa e la corrispondente linea deflessa che dà la misura in
25 altezza dei pixel appartenenti alla linea illuminata.

Il sistema 1 di misura secondo la presente invenzione può avere svariate tipologie di applicazioni, essendo in grado di misurare i volumi esterni di qualunque
30 tipologia di forma e massa, come ad esempio quella dei nei e delle verruche o delle rughe della cute umana.

Essendo proiettate direttamente tutte le righe di

misura, è possibile acquisire una sola immagine con tempi di esposizione inferiori al secondo.

Una volta acquisita l'immagine, la stessa viene elaborata dal software per estrarre le coordinate x, y e z del volume interessato e quindi la sua misura.

Il sistema di misura 3D in luce strutturata secondo la presente invenzione permette di ridurre tutta una serie di errori che vengono usualmente commessi dagli operatori, per esempio dai biologi, che normalmente effettuano le misure a mano con il calibro. I ridotti tempi di acquisizione delle immagini rendono il sistema di misura 3D in luce strutturata secondo la presente invenzione sicuramente utilizzabile per misure su campioni vivi come sono i topi usati come cavie negli esperimenti di test dei farmaci antitumorali. Il sistema di misura è adattabile ad altri tipi di misure modificando semplicemente l'ottica di proiezione e di acquisizione delle immagini mentre la parte software che effettua la misura del volume non ha bisogno di alcuna modifica sostanziale.

IL MANDATARIO

Ing. Tommaso PUGGIOLI
(Albo iscr. n. 1336 B)

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di misura ottico per misurare il volume di almeno una porzione (2a) di un corpo (2), detto sistema essendo caratterizzato dal fatto di comprendere:

- 5 uno schermo (8)
un sistema di proiezione (3) secondo un asse (A1) di proiezione di un pattern (4) predefinito di linee (5) su detto schermo (8);
un sistema ottico di acquisizione (6), secondo un asse
10 (A2) di acquisizione, di una immagine (7) di detto pattern (4) su detto schermo (8),
detto asse di proiezione e detto asse di acquisizione essendo incidenti o sghembi, detto sistema di misura comprendendo inoltre
15 un sistema di elaborazione (9) in comunicazione con detto sistema ottico di acquisizione (6) per ricevere detta immagine (7),
detto schermo (8) presentando un foro (10) delimitante al proprio interno una zona di misura (11) ed al proprio
20 esterno una zona di riferimento (12),
detta porzione (2a) di detto corpo essendo inseribile in detto foro (10) affacciata a detto sistema di proiezione (3) e a detto sistema di acquisizione (6),
detto sistema di proiezione (3) essendo configurato per
25 proiettare una prima porzione (4a) di detto pattern (4) in detta zona di misura (11) ed una seconda porzione (4b) di detto pattern (4) in detta zona di riferimento (12), un primo tratto (13) di almeno una prima linea (5a) di detto pattern (4) essendo proiettato in detta
30 zona di misura (11) ed un secondo tratto (14) di detta prima linea (5a) essendo proiettato in detta zona di

riferimento (12),

detto sistema di elaborazione (9) essendo configurato per calcolare detto volume mediante un confronto fra detto primo tratto (13) ed una funzione di detto secondo tratto (14), detti primo e secondo tratto (13, 14) essendo ricavati da detta immagine.

2 Sistema di misura secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di proiezione (3) è configurato per proiettare un terzo tratto (15) di detta prima linea (5a) in detta zona di riferimento (12),

10 detto sistema di elaborazione (9) essendo configurato per calcolare detto volume mediante un confronto fra detto primo tratto (13) ed una funzione di detti secondo e terzo tratto (14, 15), detti primo, secondo e terzo tratto (13, 14, 15) essendo ricavati da detta immagine (7).

3. Sistema di misura secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per costruire una prima linea di riferimento (16) per detta prima linea (5a) a partire da detto secondo tratto (14) o da detti secondo e terzo tratto (14, 15).

4. Sistema di misura secondo la rivendicazione 3 caratterizzato dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per determinare il volume di detta porzione (2a) in funzione di uno scostamento (ΔX) di detta prima linea (5a) rispetto a detta prima linea di riferimento (16) in detta zona di misura (11), detta porzione (2a) essendo inserita in detto foro (10).

5. Sistema di misura secondo la rivendicazione 4,

caratterizzato dal fatto che detta immagine è un'immagine digitale e dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per misurare detto scostamento (Δx) di detta prima linea (5a) rispetto a
5 detta prima linea di riferimento (16) in detta zona di misura (11) considerando, in detta immagine (7), ogni pixel di detto primo tratto (13).

6. Sistema di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che
10 detto pattern (4) comprende linee (5) rettilinee.

7. Sistema di misura secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per costruire detta prima
15 linea di riferimento (16) tramite una regressione lineare a partire da detto secondo tratto (14) o da detti secondo e terzo tratto (14, 15).

8. Sistema di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che
20 dette linee (5) di detto pattern (4) sono linee luminose.

9. Sistema di misura secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per calcolare il
25 baricentro dell'intensità luminosa di detto primo tratto (13) e per misurare la distanza di detto baricentro rispetto a detta prima linea di riferimento (16).

10. Sistema di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto di
30 comprendere almeno una maschera (17) applicata a detto schermo (8) in corrispondenza di detto foro (10), detta maschera (17) presentando un foro calibrato (18) per

ridimensionare detto foro (10) in detto schermo (8).

11. Sistema di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto sistema di elaborazione (9) è configurato per
5 selezionare in detta zona di misura (11) un'area di base sulla quale calcolare detto volume.

12. Sistema di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto foro (10) in detto schermo (8) e/o detto foro (18)
10 in detta maschera (17) sono circolari.

13. Procedimento di misura del volume di almeno una porzione (2a) di un corpo, detto procedimento essendo caratterizzato dal fatto di comprendere le fasi di:

proiettare secondo un asse di proiezione (A1) un pattern
15 (4) predefinito di linee (5) su uno schermo (8) presentante un foro (10) delimitante al proprio interno una zona di misura (11) ed al proprio esterno una zona di riferimento (12);

acquisire, secondo un asse di acquisizione (A2), una
20 immagine (7) di detto pattern su detto schermo (8), detto asse di proiezione e detto asse di acquisizione essendo incidenti

detta porzione (2a) di detto corpo essendo inseribile in detto foro (10),

25 detta fase di proiezione comprendendo le fasi di proiettare una prima porzione (4a) di detto pattern in detta zona di misura (11)

proiettare una seconda porzione (4b) di detto pattern (4) in detta zona di riferimento (12), un primo tratto
30 (13) di almeno una prima linea (5a) di detto pattern (4) essendo proiettato in detta zona di misura (11) ed un

secondo tratto (14) di detta prima linea (5a) essendo proiettato in detta zona di riferimento (12), detto procedimento di calcolo comprendendo una fase di confrontare detto primo tratto (13) ed una funzione di detto secondo tratto (14), detti primo e secondo tratto (13, 14) essendo ricavati da detta immagine (7).

14. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 13 caratterizzato dal fatto che detta fase di proiezione prevede di proiettare un terzo tratto (15) di detta prima linea (5a) in detta zona di riferimento (12), detta fase di confrontare comprendendo una fase di confrontare detto primo tratto (13) ed una funzione di detti secondo e terzo tratto (14, 15), detti primo, secondo e terzo tratto (13, 14, 15) essendo ricavati da detta immagine.

15. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 13 o 14, caratterizzato dal fatto di comprendere una fase di costruire una prima linea di riferimento (16) per detta prima linea (5a) a partire da detto secondo tratto (14) o da detti secondo e terzo tratto (14, 15).

16. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 15 caratterizzato dal fatto che detta fase di confrontare comprende una fase di determinare lo scostamento (ΔX) di detta prima linea (5a) rispetto a detta prima linea di riferimento (16) in detta zona di misura (11), detta porzione (2a) essendo inserita in detto foro (10) e causando una deviazione di detto primo tratto (13).

17. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 16, caratterizzato dal fatto che detta fase di determinare lo scostamento (ΔX) di detta prima linea (5a) rispetto a detta prima linea di riferimento (16)

comprende la fase di considerare ogni pixel di detto primo tratto (13).

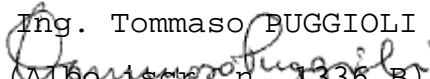
18. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta fase di costruire detta prima linea di riferimento (16) avviene tramite una regressione lineare a partire da detto secondo tratto (14) o da detti secondo e terzo tratto (14, 15), dette linee (5) di detto pattern (4) essendo rettilinee.

19. Procedimento di misura secondo la rivendicazione 18, caratterizzato dal fatto che detta fase di confrontare comprende una fase di calcolare il baricentro dell' intensità luminosa di detto primo tratto (13) ed una fase di misurare la distanza di detto baricentro rispetto a detta prima linea di riferimento (16), dette linee (5) di detto pattern (4) essendo linee luminose.

20. Procedimento di misura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 13 a 19, caratterizzato dal fatto di comprendere una fase di selezionare in detta zona di misura (11) un'area di base sulla quale calcolare detto volume.

Bologna, 08.07.2011

IL MANDATARIO

Ing. Tommaso PUGGIOLI

(Albo iscr. n. 1336 B)

CLAIMS

1. An optical measuring system for measuring the volume of at least one portion (2a) of a body (2), the system being characterized in that it comprises:

5 a screen (8)
a projection system (3) by which a predetermined pattern (4) of lines (5) is projected onto the screen (8) according to a projection axis (A1);
an optical acquisition system (6) by which an image (7)
10 of the pattern (4) on the screen (8) is captured according to an acquisition axis (A2),
the projection axis and the acquisition axis being incident or skew, the measuring system further comprising

15 a processing system (9) in communication with the optical acquisition system (6) for receiving the image (7),
the screen (8) having a hole (10) delimiting, inside it, a measuring zone (11), and outside it, a reference zone
20 (12),
the portion (2a) of the body being insertable into the hole (10) so it faces the projection system (3) and the acquisition system (6),
the projection system (3) being configured to project a
25 first portion (4a) of the pattern (4) into the measuring zone (11) and a second portion (4b) of the pattern (4) into the reference zone (12), a first stretch (13) of at least a first line (5a) of the pattern (4) being projected into the measuring zone (11) and a second
30 stretch (14) of the first line (5a) being projected into the reference zone (12),

the processing system (9) being configured to calculate the volume by comparing the first stretch (13) with a function of the second stretch (14), the first and second stretches (13, 14) being derived from the image.

5 2 The measuring system according to claim 1, characterized in that the projection system (3) is configured to project a third stretch (15) of the first line (5a) into the reference zone (12),
the processing system (9) being configured to calculate
10 the volume by comparing the first stretch (13) with a function of the second and third stretches (14, 15), the first, second and third stretches (13, 14, 15) being derived from the image (7).

3. The measuring system according to claim 1 or 2,
15 characterized in that the processing system (9) is configured to construct a first reference line (16) for the first line (5a) from the second stretch (14) or from the second and third stretches (14, 15).

4. The measuring system according to claim 3
20 characterized in that the processing system (9) is configured to determine the volume of the portion (2a) as a function of a deviation (ΔX) of the first line (5a) from the first reference line (16) in the measuring zone (11), the portion (2a) being inserted into the hole
25 (10).

5. The measuring system according to claim 4
characterized in that the image is a digital image and
in that the processing system (9) is configured to
measure the deviation (ΔX) of the first line (5a) from
30 the first reference line (16) in the measuring zone (11), considering every pixel of the first stretch (13)

in the image (7).

6. The measuring system according to any of the preceding claims, characterized in that the pattern (4) comprises straight lines (5).

5 7. The measuring system according to claim 6, characterized in that the processing system (9) is configured to construct the first reference line (16) by linear regression from the second stretch (14) or from the second and third stretches (14, 15).

10 8. The measuring system according to any of the preceding claims, characterized in that the lines (5) of the pattern (4) are luminous lines.

9. The measuring system according to claim 8 characterized in that the processing system (9) is
15 configured to calculate the barycentre of the luminous intensity of the first stretch (13) and to measure the distance of the barycentre from the first reference line (16).

10. The measuring system according to any of the
20 preceding claims, characterized in that it comprises at least one mask (17) applied to the screen (8) at the hole (10), the mask (17) having a calibrated hole (18) for resizing the hole (10) in the screen (8).

11. The measuring system according to any of the
25 preceding claims, characterized in that the processing system (9) is configured to select in the measuring zone (11) a basic area on which to calculate the volume.

12. The measuring system according to any of the
30 preceding claims, characterized in that the hole (10) in the screen (8) and/or the hole (18) in the mask (17) are circular.

13. A measuring process for determining the volume of at least one portion (2a) of a body, the calculation process being characterized in that it comprises the steps of:

5 projecting according to a projection axis (A1) a predetermined pattern (4) of lines (5) onto a screen (8) having a hole (10) delimiting, inside it, a measuring zone (11), and outside it, a reference zone (12);
acquiring an image (7) of the pattern on the screen (8)
10 according to an acquisition axis (A2),
the projection axis and the acquisition axis being incident,
the portion (2a) of the body being insertable into the hole (10),
15 the projecting step comprising the steps of
projecting a first portion (4a) of the pattern into the measuring zone (11)
projecting a second portion (4b) of the pattern (4) into the reference zone (12), a first stretch (13) of at
20 least a first line (5a) of the pattern (4) being projected into the measuring zone (11) and a second stretch (14) of the first line (5a) being projected into the reference zone (12), the calculation process comprising a step of comparing the first stretch (13)
25 with a function of the second stretch (14), the first and second stretches (13, 14) being derived from the image (7).

14. The measuring process according to claim 13, characterized in that the projecting step comprises
30 projecting a third stretch (15) of the first line (5a) into the reference zone (12), the comparing step

comprising a step of comparing the first stretch (13) with a function of the second and third stretches (14, 15), the first, second and third stretches (13, 14, 15) being derived from the image.

5 15. The measuring process according to claim 13 or 14, characterized in that it comprises a step of constructing a first reference line (16) for the first line (5a) from the second stretch (14) or from the second and third stretches (14, 15).

10 16. The measuring process according to claim 15 characterized in that the comparing step comprises a step of determining the deviation (ΔX) of the first line (5a) from the first reference line (16) in the measuring zone (11), the portion (2a) being inserted into the hole
15 (10) and causing a deviation of the first stretch (13).

17. The measuring process according to claim 16 characterized in that the step of determining the deviation (ΔX) of the first line (5a) from the first reference line (16) comprises the step of considering
20 every pixel in the first stretch (13).

18. The measuring process according to claim 17, characterized in that the step of construct the first reference line (16) is done by linear regression from the second stretch (14) or from the second and third
25 stretches (14, 15), the lines (5) of the pattern (4) being straight lines.

19. The measuring process according to claim 18 characterized in that the comparing step comprises a step of calculating the barycentre of the luminous
30 intensity of the first stretch (13) and a step of measuring the distance of the barycentre from the first

reference line (16), the lines (5) of the pattern (4) being luminous lines.

20. The measuring process according to any of the claims from 13 to 19, characterized in that it comprises
5 a step of selecting in the measuring zone (11) a basic area on which to calculate the volume.

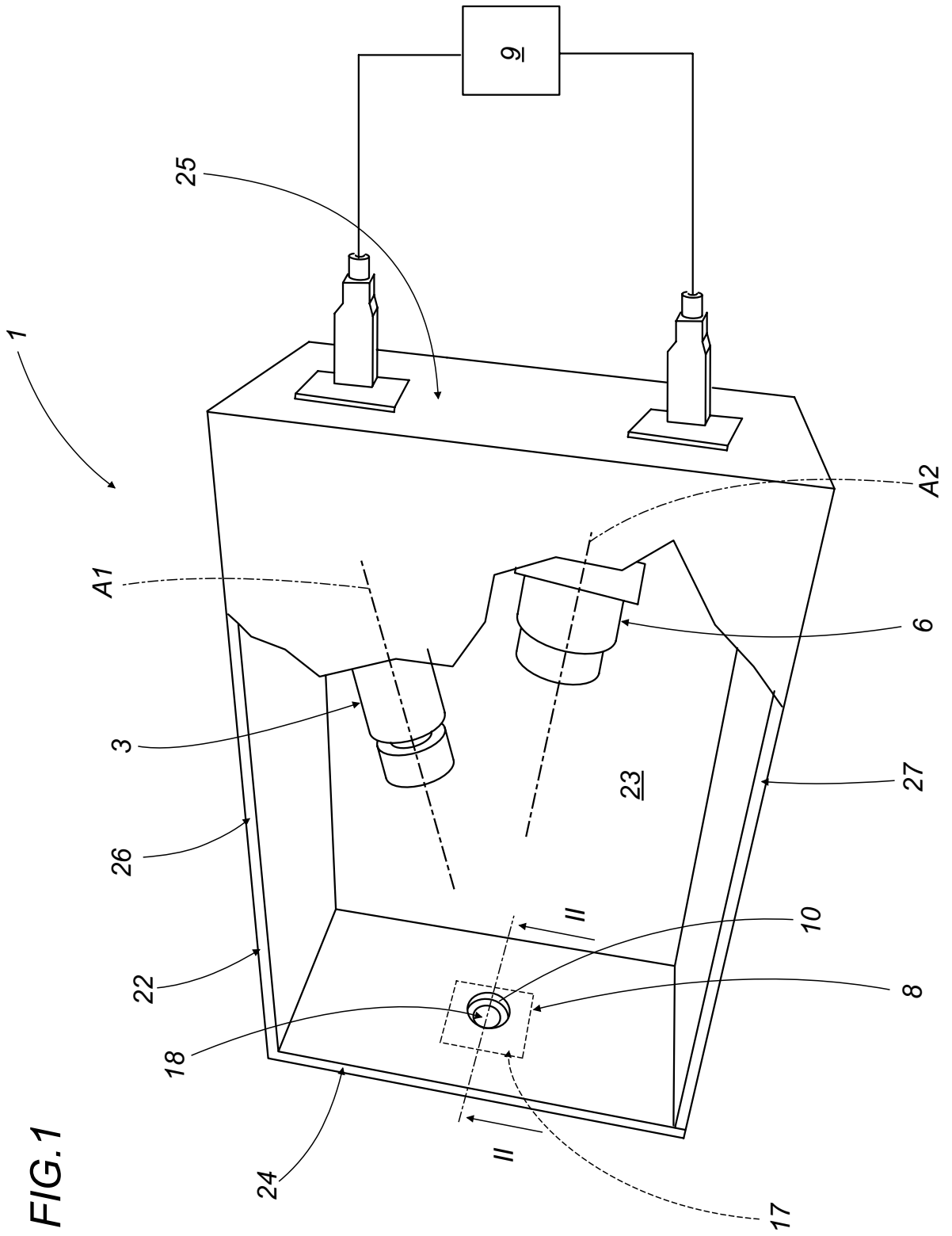


FIG. 1

FIG.2

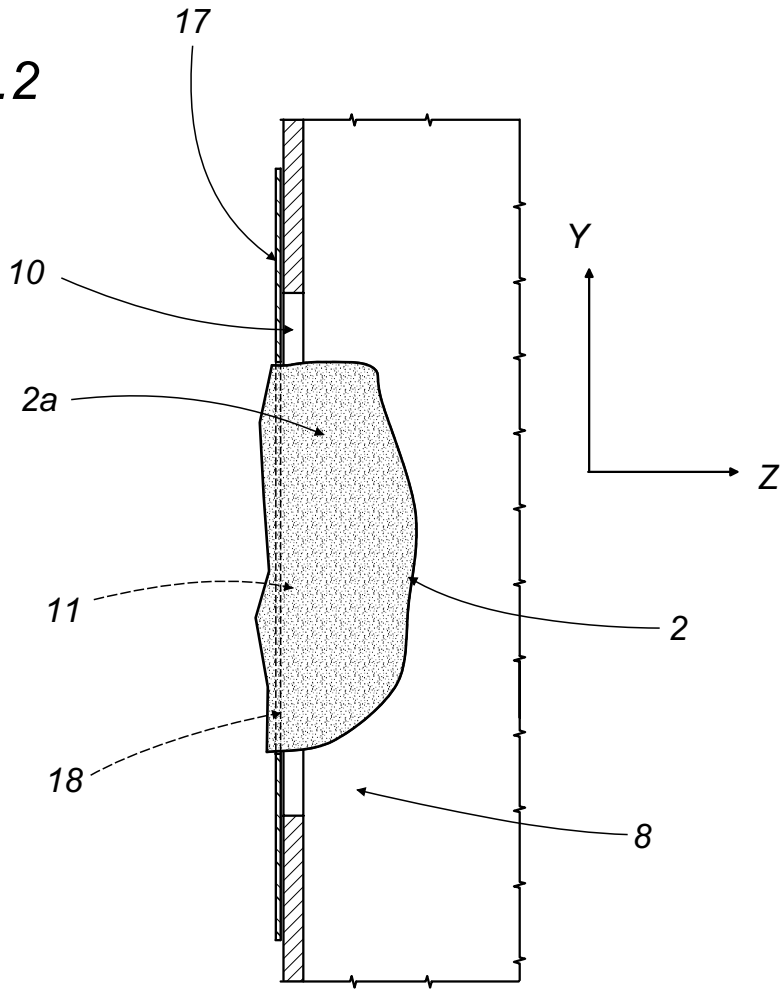


FIG.3

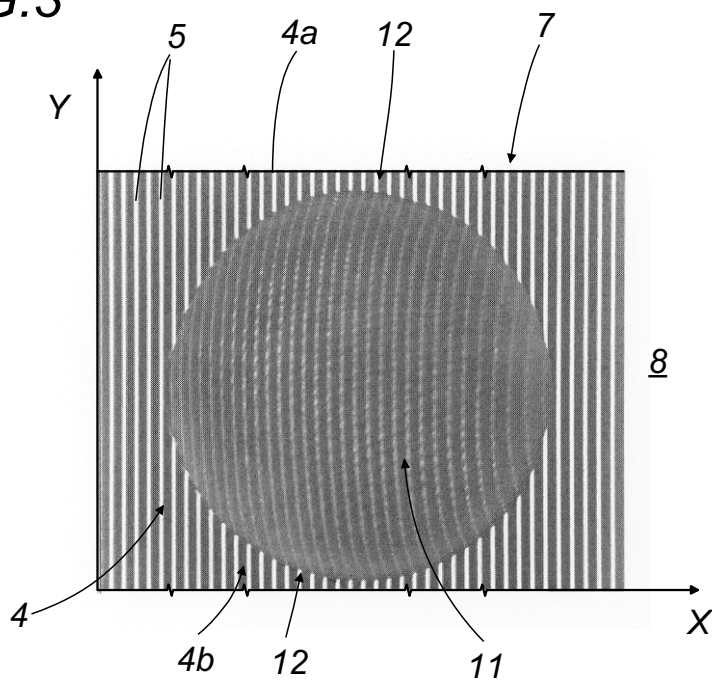


FIG.4

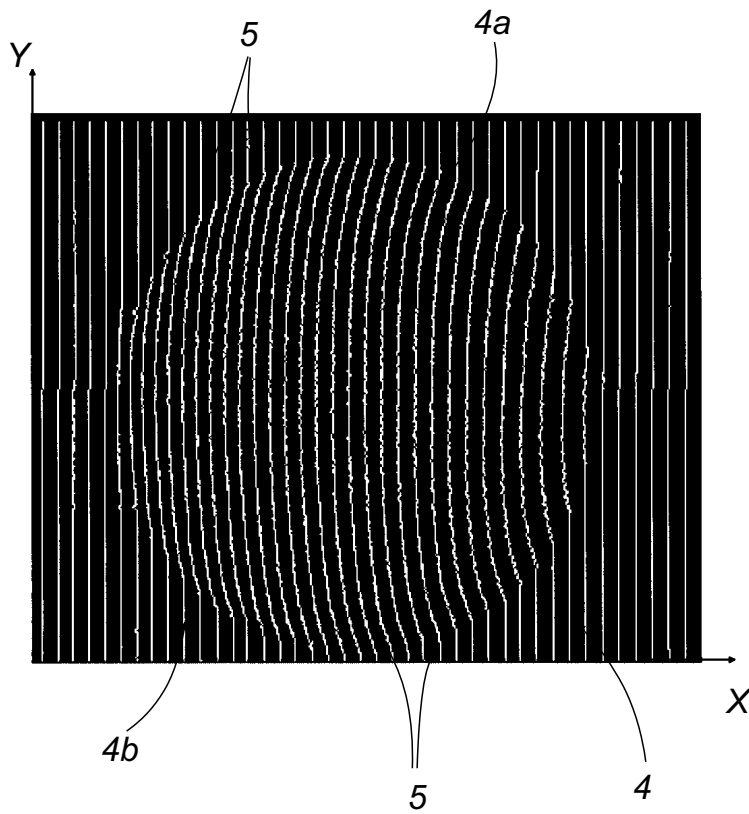


FIG.5

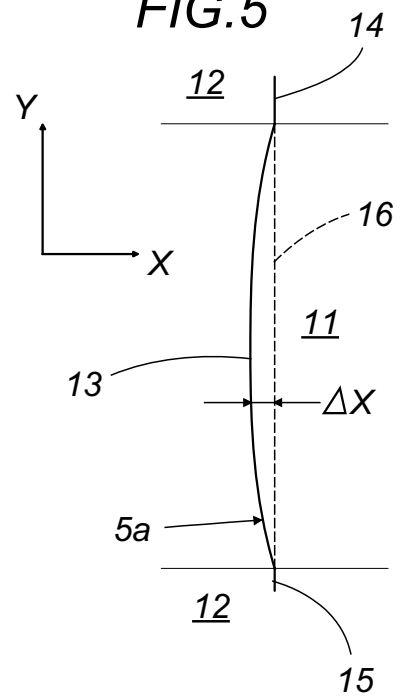


FIG.6

